

Kraftfahrzeugaggregat

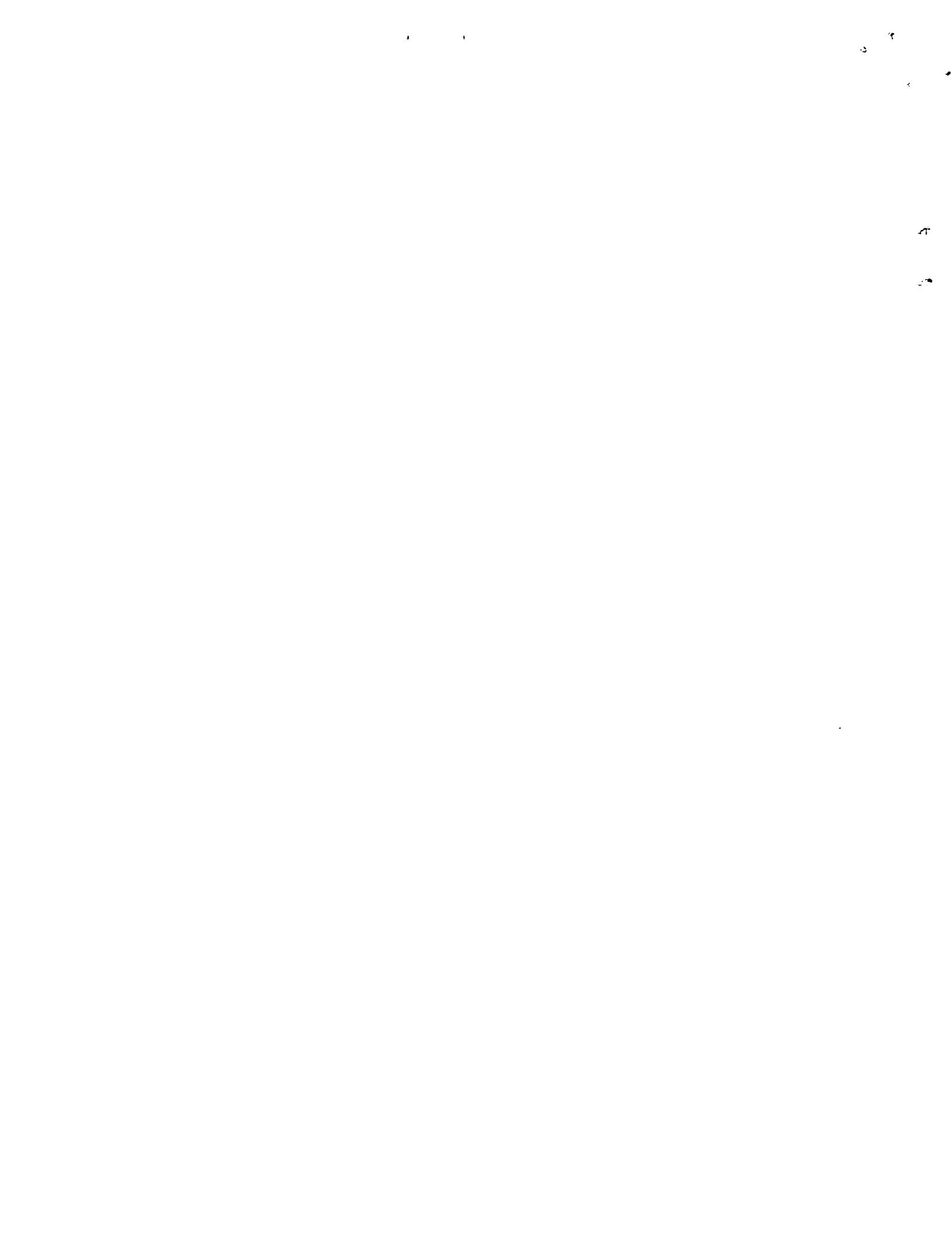
Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeugaggregat mit einem Verbrennungsmotor, einer diesem zugeordneten Abgasbehandlungseinrichtung und mit einem Brennstoffzellensystem.

Ein Kraftfahrzeugaggregat der hier angesprochenen Art ist bekannt. Es dient dem Antrieb und der elektrischen Bordenergieversorgung eines Kraftfahrzeugs. Das Kraftfahrzeugaggregat weist eine verbrennungsmotorische Einheit auf, die aus einem Verbrennungsmotor und einer diesem nachgeschalteten, die motorischen Abgase reinigenden Abgasbehandlungseinrichtung besteht und üblicherweise für den Antrieb des Kraftfahrzeugs zuständig ist. Ferner weist das Kraftfahrzeugaggregat ein Brennstoffzellensystem auf. Das auch als „auxiliary-power-unit“ (APU) bezeichnete Brennstoffzellensystem eignet sich besonders zur elektrischen Bordenergieversorgung, da es im Vergleich zu einem herkömmlichen, von einem Verbrennungsmotor angetriebenen Generator (Lichtmaschine) wirkungsgradgünstiger arbeitet. Der Einsatz von APU's bietet sich daher gerade in solchen Fahrzeugen mit einem großen elektrischen Energiebedarf an, wie dies beispielsweise bei Oberklassefahrzeugen mit ihren vielen Stromverbrauchern der Fall ist. Das Brennstoffzellensystem kann aber auch als Antriebseinheit verwendet werden, wie dies beispielsweise bei Hybridfahrzeugen der Fall ist, bei denen das Brennstoffzellensystem eine zusätzliche Antriebseinheit zum Verbrennungsmotor bildet und damit einen kraftstoffsparenden Fahrzeugantrieb ermöglicht. Trotz der vorstehend genannten Vorteile kommt es bei dem hier angesprochenen Kraftfahrzeugaggregat während des Betriebes, insbesondere während der Kaltstartphase, zu unerwünschten Schadstoffemissionen, die im Wesentlichen von der verbrennungsmotorischen Einheit hervorgerufen werden.

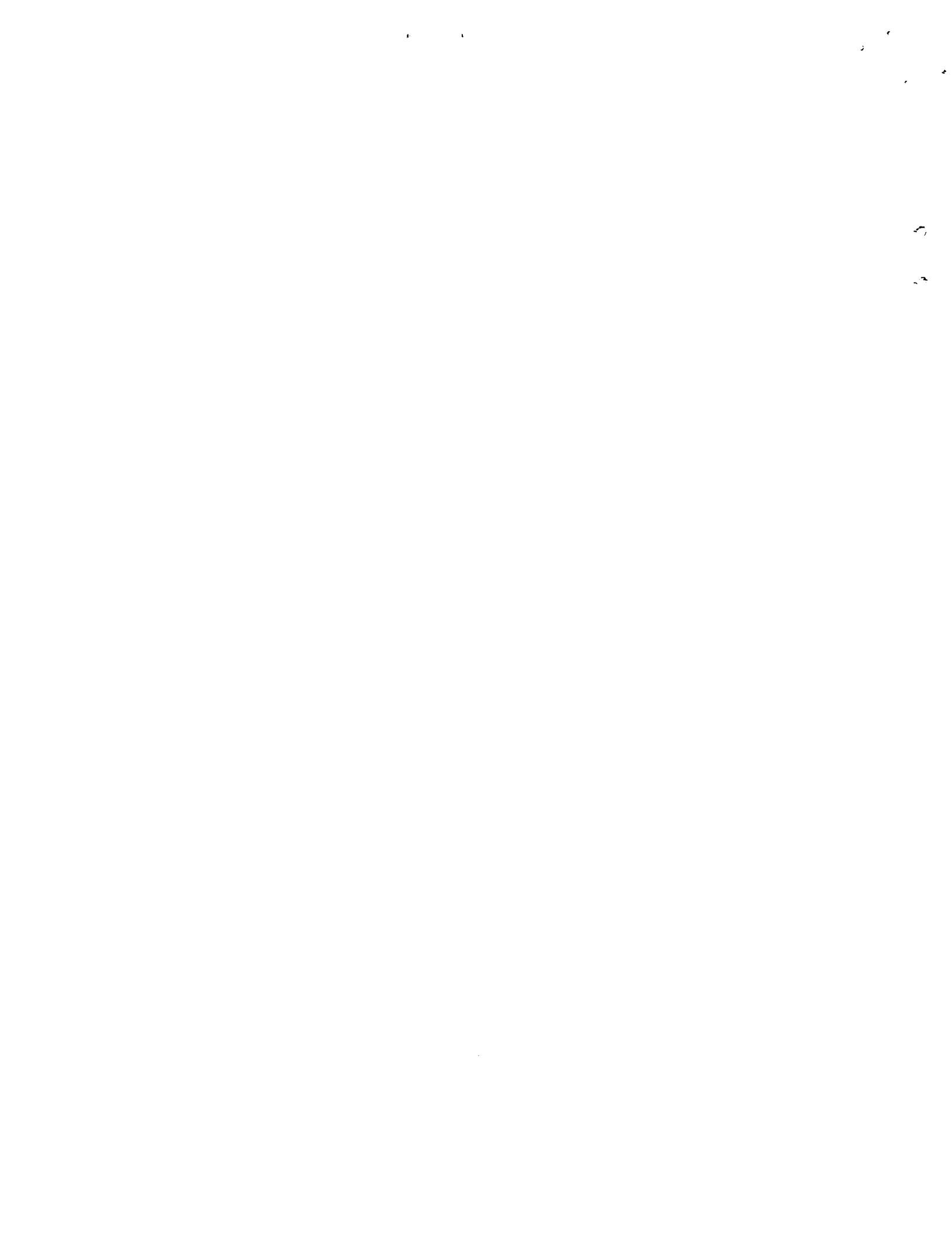
Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Kraftfahrzeugaggregat der eingangs genannten Art bereitzustellen, bei dem der Ausstoß von unerwünschten Schadstoffen sehr gering ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Brennstoffzellensystem mit dem Verbrennungsmotor und/oder der Abgasbehandlungseinrichtung thermisch gekoppelt ist. Mittels der thermischen Kopplung kann ein Wärmeaustausch zwischen dem



Brennstoffzellensystem und dem Verbrennungsmotor und/oder zwischen dem Brennstoffzellensystem und der Abgasbehandlungseinrichtung stattfinden. Sofern das Temperaturniveau im Brennstoffzellensystem höher ist als im Verbrennungsmotor beziehungsweise in der Abgasbehandlungseinrichtung, entsteht ein Wärmefluss vom Brennstoffzellensystem zum Verbrennungsmotor beziehungsweise zur Abgasbehandlungseinrichtung, der zu einer Erwärmung des Verbrennungsmotors beziehungsweise der Abgasbehandlungseinrichtung führt. Ein derartiger Wärmefluss ist dann von Vorteil, wenn der Verbrennungsmotor und die Abgasbehandlungseinrichtung sich in der Kaltstartphase oder einer Kaltlaufphase befinden, also nicht mit Betriebstemperatur, sondern mit einer geringeren Temperatur arbeiten, da mittels der zugeführten Wärme die Betriebstemperatur schneller erreicht werden kann und damit die Verweilzeit in der Kaltstart- beziehungsweise Kaltlaufphase verkürzt wird. Dies hat zur Folge, dass Schadstoffemissionen, die aufgrund des nicht bei Betriebstemperatur arbeitenden Verbrennungsmotors durch diesen verstärkt entstehen und von der Abgasbehandlungseinrichtung nicht in ausreichendem Maß eliminiert werden können, beispielsweise weil die Abgasbehandlungseinrichtung auch nicht bei Betriebstemperatur arbeitet, weitgehend vermieden werden können. Damit bietet die thermische Kopplung also die Möglichkeit, den im Verbrennungsmotor und in der Abgasbehandlungseinrichtung ablaufenden Prozessen Wärme zuzuführen und damit unerwünschte Effekte, wie beispielsweise die Bildung und Emission von Schadstoffen auf ein Minimum zu reduzieren. Grundsätzlich ist es mittels der thermischen Kopplung auch möglich, dass ein Wärmefluss vom Verbrennungsmotor beziehungsweise von der Abgasbehandlungseinrichtung zum Brennstoffzellensystem stattfindet, nämlich dann, wenn das Brennstoffzellensystem ein niedrigeres Temperaturniveau als der Verbrennungsmotor beziehungsweise die Abgasbehandlungseinrichtung aufweist.

Vorzugsweise ist das Brennstoffzellensystem mit dem Ansaugbereich des Verbrennungsmotors, insbesondere Luftansaugbereich, und/oder dem Motorkühlkreis des Verbrennungsmotors thermisch gekoppelt. Mittels der thermischen Kopplung des Brennstoffzellensystems mit dem Ansaugbereich des Verbrennungsmotors kann eine Erwärmung des Ansaugtraktes durchgeführt werden. Auf diese Weise ist es möglich, die dem Verbrennungsmotor über den Ansaugbereich zugeführten Betriebsstoffe derart vorzuwärmen, dass sich in Bezug auf den Verbrennungsprozess wirkungsgraderhöhende und emissionsmindernde Effekte ergeben. Handelt es sich bei dem Ansaugbereich um den Luftansaugbereich, so kann die in diesem geführte Verbrennungsluft vorgewärmt werden. Handelt es sich bei dem Ansaugbereich um einen Kraftstoffzuführungsbereich, so kann in diesem der Kraftstoff für den Verbrennungsmotor vorgewärmt werden. Bei den



Verbrennungsmotoren mit Ansaugrohreinspritzung bewirkt die Erwärmung des Ansaugbereichs eine verminderte Wandfilmbildung des Kraftstoffs in der Kaltlauf- beziehungsweise Kaltstartphase des Verbrennungsmotors, das heißt, die in dieser Betriebsphase verstärkt stattfindende Bildung eines unerwünschten Kraftstofffilms an den Wänden des Verbrennungsmotors wird weitgehend vermieden. Alternativ oder zusätzlich kann das Brennstoffzellensystem auch mit dem Motorkühlkreislauf thermisch gekoppelt sein, so dass auf diese Weise eine thermische Kopplung mit sämtlichen Kühlmittel führenden Bereichen des Motorgehäuses möglich ist. Sofern der Verbrennungsmotor seine Betriebstemperatur noch nicht erreicht hat, kann mittels der thermischen Kopplung mit dem Motorkreislauf eine sehr schnelle Erwärmung des Motorgehäuses erfolgen.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Brennstoffzellensystem mit einer Abgasrückführeinrichtung des Verbrennungsmotors thermisch gekoppelt ist. Vorzugsweise ist die Abgasrückführeinrichtung eine innere Abgasrückführeinrichtung des Verbrennungsmotors, das heißt, das Motorgehäuse weist bereits entsprechende Kanäle auf, über die das Abgas nach beziehungsweise mit Verlassen der Brennkammer in den Zuführbereich der Brennkammer rückgeführt und anschließend der Brennkammer wieder zugeführt wird. Die thermische Kopplung des Brennstoffzellensystems mit der Abgasrückführeinrichtung kann alternativ oder ergänzend zur Kopplung des Brennstoffzellensystems mit dem Ansaugbereich beziehungsweise dem Motorkühlkreislauf erfolgen.

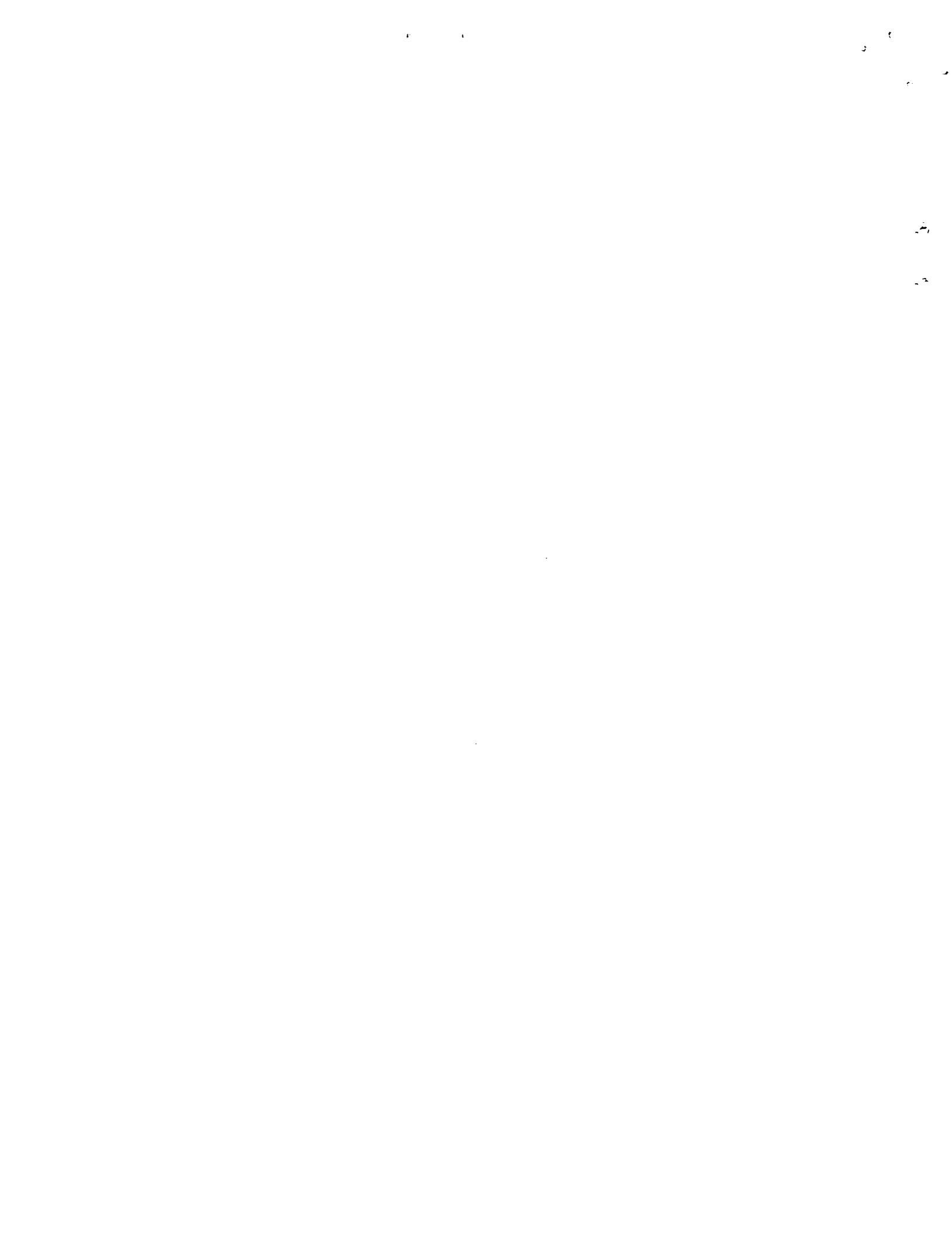
Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die thermische Kopplung ein- und ausschaltbar ausgebildet ist. Die thermische Kopplung kann dadurch gezielt zu gewünschten Betriebszuständen beziehungsweise Betriebsphasen der miteinander zu koppelnden Einrichtungen eingeschaltet beziehungsweise aktiviert werden. Da eine unerwünschte Schadstoffbildung besonders dann auftritt, wenn der Verbrennungsmotor und/oder die Abgasbehandlungseinrichtung nicht bei Betriebstemperatur arbeitet/arbeiten, ist vorgesehen, dass die thermische Kopplung nur während der Kaltstartphase des Verbrennungsmotors oder der Kaltstartphase der Abgasbehandlungseinrichtung vorliegt. Eine Zuführung von Wärme aus dem Brennstoffzellensystem während der Kaltstartphase ist möglich, da das Brennstoffzellensystem sehr schnell auf Betriebstemperatur kommt. Es ist möglich, die Dauer der thermischen Kopplung nach derjenigen Einrichtung mit der längeren Kaltstartphase durchzuführen. Sofern der Verbrennungsmotor eine längere Kaltstartphase hat als die Abgasbehandlungseinrichtung, kann die thermische Kopplung nach der Kaltstartphase des Verbrennungsmotors ausgelegt sein. Im umgekehrten Fall kann die Dauer der thermischen Kopplung nach der Kaltstartphase der

Abgasbehandlungseinrichtung ausgelegt sein, oder es können die sowohl der Verbrennungsmotor als auch die Abgasbehandlungseinrichtung berücksichtigt sein.

Es ist vorgesehen, dass die thermische Kopplung über mindestens ein Medium erfolgt. Das Medium ist mindestens ein Gas, mindestens eine Flüssigkeit und/oder mindestens ein Festkörper. Zur Wärmeübertragung können auch mehrere Medien, insbesondere Medien mit unterschiedlichen Aggregatzuständen, eingesetzt werden. Somit ist eine Wärmeübertragung mittels eines Gases und einer Flüssigkeit ebenso möglich wie mittels einer Flüssigkeit und eines Festkörpers oder mittels eines Gases und eines Festkörpers. Die Wärmeübertragung kann mittels Wärmeleitung, Wärmekonvektion und/oder Wärmestrahlung erfolgen. Die Kombination der Medien beziehungsweise der unterschiedlichen Aggregatzustände kann dabei beliebig vorgenommen werden.

Vorzugsweise wird die thermische Kopplung mittels mindestens eines Wärmetauschers durchgeführt. Der Wärmetauscher kann ein Gas/Flüssigkeits-Wärmetauscher, ein Gas/Festkörper-Wärmetauscher, ein Flüssigkeits/Festkörper-Wärmetauscher, ein Gas/Gas-Wärmetauscher, ein Flüssigkeit/Flüssigkeits-Wärmetauscher oder ein Festkörper/Festkörper-Wärmetauscher sein. Ebenso können mehrere dieser Wärmetauscher miteinander kombiniert sein, um eine thermische Kopplung zwischen dem Brennstoffzellensystem und dem Verbrennungsmotor und/oder der Abgasbehandlungseinrichtung herzustellen.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Brennstoffzellensystem ein Wärmeabfuhrsystem aufweist, und dass die thermische Kopplung mit dem Wärmeabfuhrsystem, vorzugsweise über mindestens einen Abzweig, verbunden ist. Vorzugsweise führt das Wärmeabfuhrsystem des Brennstoffzellensystems ein Heißmedium, das mit dem Luftansaugbereich, der Abgasrückföhreinrichtung, dem Motorkreislauf des Verbrennungsmotors und/oder der Abgasbehandlungseinrichtung gekoppelt ist oder mindestens einer der vorstehend genannten Einrichtungen zugeführt wird. Aus dem Wärmeabfuhrsystem kann also Wärme mittels des Heißmediums vorzugsweise über mindestens einen Abzweig abgeführt werden. Als Heißmedium kann ein gasförmiges oder flüssiges Medium eingesetzt werden. So ist es in einer ersten Variante möglich, dass das Wärmeabfuhrsystem ein Heißgas als Heißmedium führt und dass das Heißgas über den Abzweig von dem Wärmeabfuhrsystem abgeführt und über eine am Verbrennungsmotor beziehungsweise an der Abgasbehandlungseinrichtung angeordneten Einmündung diesen Einrichtungen direkt zugeführt wird. Unter einer direkten Zuführung ist dabei zu verste-



hen, dass das Heißgas der Verbrennungsluft (Ansaugluft) oder dem Abgas zugeführt wird und sich mit diesem vermischt. Sofern die Einmündung im Luftansaugbereich angeordnet ist, wird mittels des Heißgases die Verbrennungsluft erwärmt und es kommt zur Bildung eines Verbrennungsluft-Heißgas-Gemisches, das in den Verbrennungsprozess eingebracht wird. Sofern die Einmündung an der Abgasrückführseinrichtung angeordnet ist, erfolgt eine Erwärmung des Abgases mittels dem Heißgas, wobei sich das Heißgas mit dem Abgas vermischt und als Heißgas-Abgas-Gemisch über die Abgasrückführseinrichtung dem Verbrennungsmotor beziehungsweise dem Verbrennungsprozess zugeführt wird. Die Abgasrückführung mittels eines Abgas-Heißgas-Gemisches ist gegenüber der Abgasrückführung mittels Abgas dahingehend von Vorteil, dass aufgrund des Vorhandenseins von oxidierbaren Bestandteilen im Heißgas das Abgas-Heißgas-Gemisch zusätzlich auch ein oxidierbares Potential beziehungsweise Reduktionspotential für den Verbrennungsprozess aufweist. Gleiches gilt für die Zuführung eines Abgas-Heißgas-Gemisches in die Abgasbehandlungseinrichtung. Sofern die Abgasbehandlungseinrichtung eine Oxidationseinrichtung ist, kann das Heißgas sowohl aufgrund seiner Wärme als auch aufgrund seiner oxidierbaren Bestandteile den Oxidationsprozess beziehungsweise den Katalysatorprozess verbessern. In einer zweiten Variante ist es möglich, dass anstelle von Heißgas als Heißmedium flüssiges Heißmedium im Wärmeabfuhrsystem geführt und aus diesem mittels des Abzweigs abgeführt wird. In diesem Fall kann die Einmündung am Motorkreislauf des Verbrennungsmotors angeordnet sein, so dass das flüssige Heißmedium direkt in den Motorkreislauf zugeführt wird und sich dort mit dem Kühlmittel vermischt. Auf diese Weise kommt es sehr schnell zu einem Aufwärmen des gesamten Kühlmittel geführten Bereiches im Motorgehäuse.

Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass das Wärmeabfuhrsystem als Kühlkreislauf ausgebildet ist und dass der Kühlkreislauf und der Motorkühlkreislauf einen gemeinsamen Kühlkreislauf bilden. Der Kühlkreislauf des Wärmeabfuhrsystems und der Motorkühlkreislauf sind in diesem Fall quasi direkt miteinander gekoppelt, so dass Wärmeverluste durch zwischengeschaltete Wärmetauscher oder Zuleitungen zwischen dem Wärmeabfuhrsystem und dem Motorkühlkreislauf vermieden werden.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass dem Wärmeabfuhrsystem mindestens ein Reformer, mindestens eine Gasreinigungseinrichtung und/oder mindestens eine Brennstoffzelle zugeordnet sind. Besonders vorteilhaft ist die Zuordnung des Reformers zu dem Wärmeabfuhrsystem. Gegenüber der Brennstoffzelle verfügt der Reformer beispielsweise über eine wesentlich geringere thermisch relevante Masse. Daher

weist der Reformer die Fähigkeit auf, während der Kaltstartphase sehr schnell sehr heißes Gas zur Verfügung zu stellen. Insbesondere erweist sich bei Verwendung des von dem Reformer erzeugten Reformats der weite Temperaturbereich, in dem sich das Reformat befinden kann (400°C bis 900°C) und die weite Spreizung der Konzentrationen einzelner Reformerbestandteile, beispielsweise je nach Bedarf hohe H₂/CO₂-Anteile oder hoher CH₄-Anteile, als besonders vorteilhaft im Hinblick auf eine optimale Minderung der Schadstoffemissionen, da die in einem weiten Bereich einstellbaren Reformateigenschaften die thermische Kopplung optimal im Hinblick auf eine Verringerung der Schadstoffemissionen einstellen lassen. Eine Zuordnung weiterer oder anderer Einrichtungen des Brennstoffzellensystems zum Wärmeabführsystem ist aber ohne weiteres auch möglich. Hier können beispielsweise selektive Oxidationsreaktoren oder Wassergas-Shiftstufen der Gasreinigungseinrichtung mit dem Wärmeabführsystem gekoppelt sein. Die Kombination der jeweils dem Wärmeabführsystem zugeordneten Einrichtungen des Brennstoffzellensystems richtet sich nach den jeweils durch die thermische Kopplung zu erzielenden Temperaturniveaus und der –im Falle einer direkten Zuführung von Heißgas mit oxidierbaren Bestandteilen– in den Verbrennungsprozessen des Verbrennungsmotors und/oder der Abgasbehandlungseinrichtung gewünschten Reduktionspotentiale.

Nach einer Weiterbildung ist eine, die Kaltstartphase erfassende, bei Vorliegen der Kaltstartphase die thermische Kopplung einschaltende Steuereinheit vorgesehen. Mittels der Steuereinheit ist ein gezieltes Anschalten der thermischen Kopplung während der Kaltstartphase möglich. Dies kann beispielsweise in der Weise geschehen, dass die Steuereinheit den Betriebszustand der Brennstoffzelle beziehungsweise des Wärmeabführsystems der Brennstoffzelle mittels Erfassungssensoren überwacht und bei Vorliegen eines ausreichenden Wärmeneiveaus die thermische Kopplung einschaltet. Sofern die thermische Kopplung an mehreren Stellen des Verbrennungsmotors und eine thermische Kopplung mit der Abgasbehandlungseinrichtung vorgesehen ist, kann die Steuereinheit mittels Steuerventilen oder dergleichen eine Art Zuteilungsmanagement durchführen, indem die Steuereinheit mittels Wärme- beziehungsweise Temperaturerfassungssensoren an den Koppelstellen das Wärme- beziehungsweise Temperaturniveau an der jeweiligen Koppelstelle erfasst und eine dem jeweiligen Wärmebedarf entsprechende Wärmezuführung durchführt.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass bei Nicht-Vorliegen der Kaltstartphase die thermische Kopplung mittels der Steuereinheit ausgeschaltet ist. Damit kann vermieden werden, dass bei Erreichen der Betriebstemperatur des Verbrennungsmotors beziehungs-



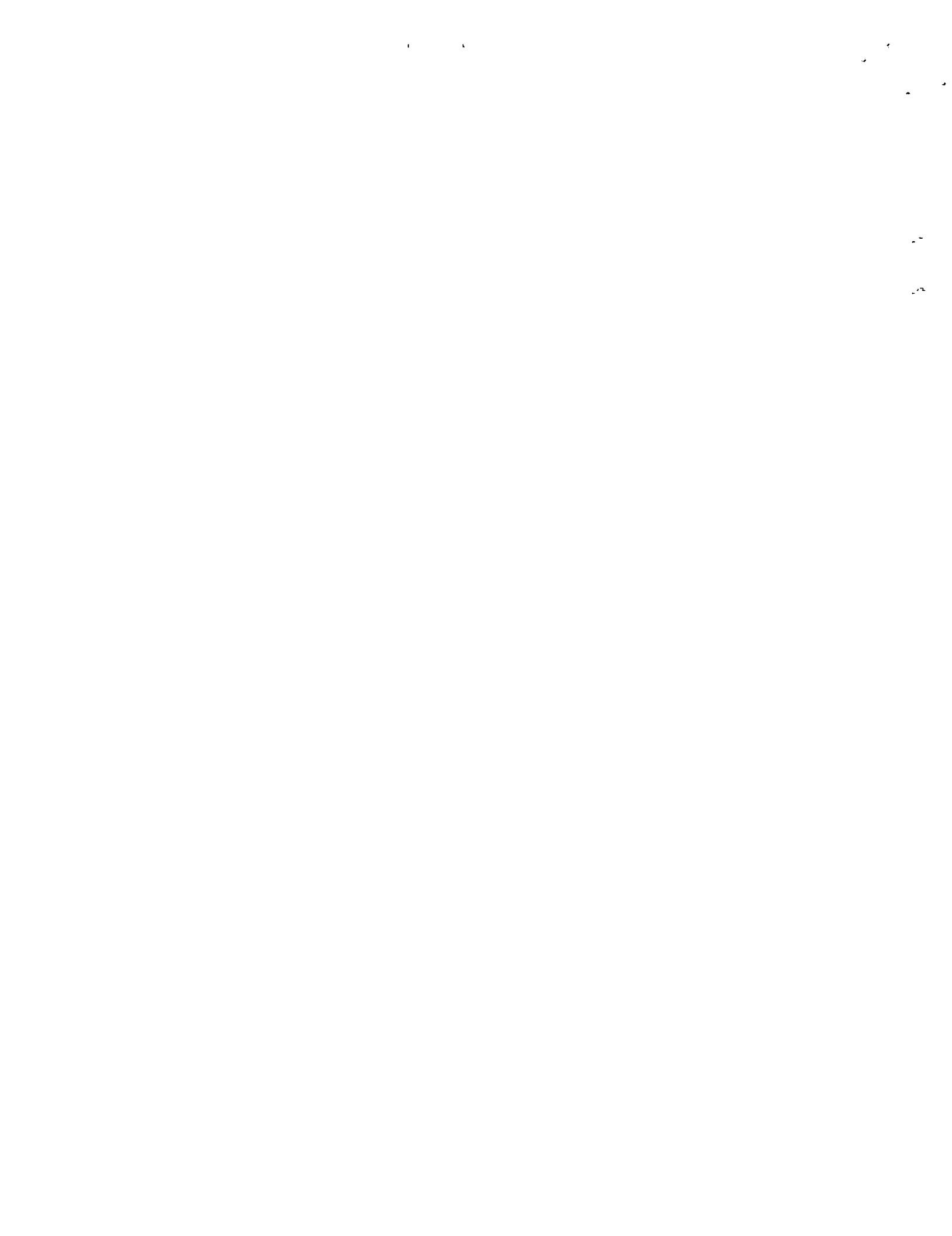
weise der Abgasbehandlungseinrichtung ein Wärmerückfluss vom Verbrennungsmotor und der Abgasbehandlungseinrichtung zum Brennstoffzellensystem stattfindet, wenn das Temperaturniveau des Verbrennungsmotors beziehungsweise der Abgasbehandlungseinrichtung höher liegt als das des Brennstoffzellensystems.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus Kombinationen der in den Unteransprüchen genannten Merkmale.

Die Erfindung wird nachfolgend in mehreren Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 ein Kraftfahrzeugaggregat gemäß eines ersten Ausführungsbeispiels;
- Figur 2 das Kraftfahrzeugaggregat gemäß Figur 1 nach einem zweiten Ausführungsbeispiel;
- Figur 3 das Kraftfahrzeugaggregat gemäß Figur 1 nach einem dritten Ausführungsbeispiel und
- Figur 4, Ausführungsbeispiele einer thermischen Kopplung zwischen einem Brennstoffzellensystem und einem Verbrennungsmotor.
Figur 5

In Figur 1 ist in schematischer Darstellung der Aufbau ein Kraftfahrzeugaggregat 1 gezeigt, das einen Verbrennungsmotor 2, eine dem Verbrennungsmotor 2 nachgeschaltete Abgasbehandlungseinrichtung 3 und ein Brennstoffzellensystem 4 aufweist. Der Verbrennungsmotor 2 umfasst einen Ansaugbereich für Kraftstoff (nicht in Figur 1 dargestellt) und einen Luftansaugbereich 5, der eine Luftpfeileitung 6 und einen Ansaugtrakt 7 enthält. Die Luftpfeileitung 6 und der Ansaugtrakt 7 sind derart zueinander angeordnet, dass Verbrennungsluft 8 über die Luftpfeileitung 6 in den Ansaugtrakt 7 strömt und von dort in den Brennraum 9 gelangt. Der Verbrennungsmotor 2 weist ferner einen Abgassammler 10 auf, der mit einer Abgasleitung 11 verbunden ist, wobei die Abgasleitung 11 in die Abgasbehandlungseinrichtung 3 mündet. Der Ausgang der Abgasbehandlungseinrichtung 3 ist mit einer zweiten Abgasleitung 12 verbunden, mittels der das Abgas gemäß Pfeil 13 das Kraftfahrzeugaggregat 1 verlässt. Die Abgasbehandlungseinrichtung 3 kann als Oxidationskatalysator, Redox-Katalysator oder dergleichen ausgebildet sein. Die vorstehend beschriebene Anordnung und Ausführung des Verbrennungsmotors 2 und der Abgasbe-



handlungseinrichtung 3 sind an sich bekannt, so dass diesbezüglich keine weitergehende Beschreibung erfolgt.

Das Brennstoffzellensystem 4 umfasst einen Reformer 14, eine Gasreinigungseinrichtung 15 und eine Brennstoffzelle 16. Die Gasreinigungseinrichtung 15 ist als selektiver Oxidationsreaktor ausgebildet. Die Gasreinigungseinrichtung 15 kann anstelle eines selektiven Oxidationsreaktors eine Wassergas-Shiftstufe oder eine Kombination eines selektiven Oxidationsreaktors und einer Wassergas-Shiftstufe sein. Als Brennstoffzelle können sämtliche gängigen Typen verwendet werden. Vorzugsweise sind jedoch Hochtemperaturmembranbrennstoffzellen (HTPEMFC) oder andere Hochtemperatursysteme vorgesehen. Die Brennstoffzelle 16 kann auch als Festoxidbrennstoffzelle (SOFC) ausgebildet sein. Die Brennstoffzelle 16 ist über eine Brennstoffzellenbetriebsmittelleitung 17 mit der Gasreinigungseinrichtung 15 verbunden, wobei die Gasreinigungseinrichtung 15 wiederum über eine Reformateleitung 18 mit dem Reformer 14 verbunden ist. Der in Figur 1 dargestellte Stofffluss sieht wie folgt aus: Ein Kraftstoff 19 wird über einen Katalysator 20 (E-Kat) dem Reformer 14 zugeführt. Im Reformer 14 wird ein Reformergas, (Reformat) erzeugt, das über die Reformateleitung 18 der Gasreinigungseinrichtung 15 zugeführt wird. In der Gasreinigungseinrichtung 15 erfolgt eine Aufbereitung des Reformats in der Weise, dass Reformatbestandteile, wie beispielsweise Kohlenstoffmonoxid (CO) in ihrer Konzentration gemindert werden, so dass ein gereinigtes, wasserstoffreiches Betriebsmittel der Brennstoffzelle 16 zugeführt wird, die daraus elektrische Energie erzeugt, die über die Anschlüsse 21 abgeführt werden kann. Ferner wird bei dem Brennstoffzellprozess Abgas erzeugt, das gemäß Pfeil 22 vom Brennstoffzellensystem 4 abgeführt wird. Die vorstehend beschriebene Ausbildung des Brennstoffzellensystems 4 ist an sich bekannt und wird daher nicht weiter ausgeführt.

Bei dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel des Kraftfahrzeugaggregats 1 ist in der Reformateleitung 18 eine Abzweigung 23 vorgesehen, über die heißes Reformat aus dem Brennstoffzellensystem 4 über eine Entnahmleitung 24 abgeführt werden kann. Ferner ist zwischen der Abzweigung 23 und der Gasreinigungseinrichtung 15 ein Absperrventil 25 in der Reformateitung vorgesehen. Das Absperrventil 25, die Abzweigung 23 und die Entnahmleitung 24 sind Bestandteile eines Wärmeabfuhrsystems 26 des Brennstoffzellensystems 4. Die Entnahmleitung 24 ist über eine Einmündung 27 mit der ersten Abgasleitung 11 verbunden. Ferner ist eine Steuereinheit 29 vorgesehen, die über Sensorsignalleitungen 30, 31 mit Temperatursensoren oder Wärmeerfassungssensoren, die in Figur 1 nicht dargestellt sind, verbunden sind. Die Steuereinheit 29 ist ferner über

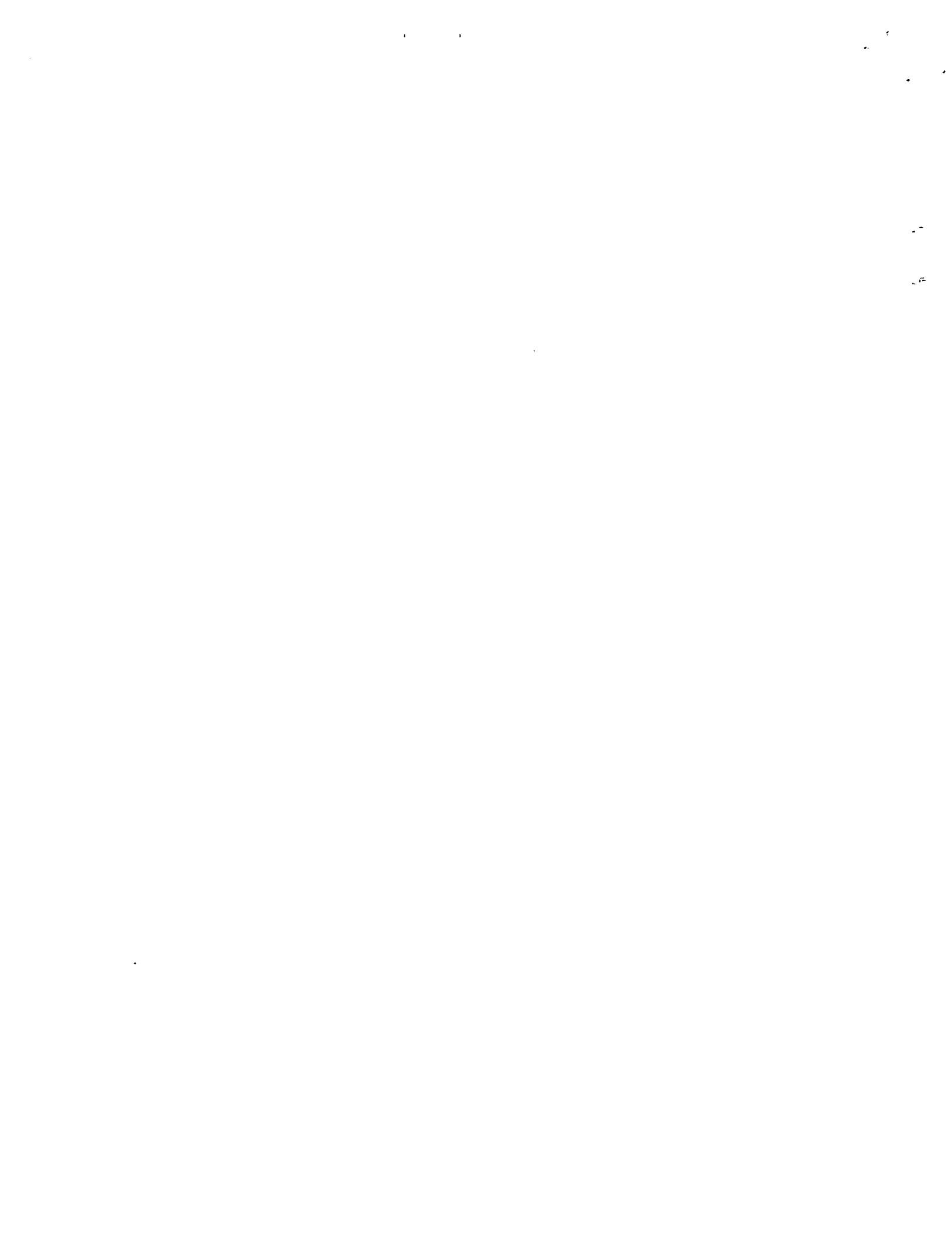


eine Sensorsignalleitung 32 mit dem Reformer 14 verbunden. Darüber hinaus besteht über die Steuerleitungen 33, 34 eine Verbindung zu dem ersten Absperrventil 25 und dem zweiten Absperrventil 28.

Es ergibt sich folgende Funktionsweise: Bei einem Einschalten des Kraftfahrzeugaggregats 1 werden der Verbrennungsmotor 2, die Abgasbehandlungseinrichtung 3 und das Brennstoffzellensystem 4 gestartet. In dieser Startphase werden das erste Absperrventil 25 und das zweite Absperrventil 28 geschlossen, so dass ein Zufluss von Reformat in die Gasreinigungseinrichtung 15 und in die erste Abgasleitung 11 nicht erfolgen kann. Die Steuereinheit 29, die sowohl den Betriebszustand in dem Verbrennungsmotor 2, der Abgasbehandlungseinrichtung 3 und dem Reformer 14 erfasst, öffnet das zweite Absperrventil 28, wenn das Reformat des Reformers 14 eine vorgegebene Temperatur und Gaszusammensetzung aufweist. Zur Feststellung der Reformattemperatur sind entsprechende Sensoren im Reformer 14 beziehungsweise in den Reformat führenden Leitungen vorgesehen, die in Figur 1 nicht dargestellt sind. Die Erfassung der Gaszusammensetzung kann mittels entsprechender Gassensoren oder empirisch ermittelter Kennlinien, die eine Abhängigkeit zwischen der Gaszusammensetzung des Reformats und der Temperatur des Reformers 14 beschreiben, erfasst werden. Das Reformat strömt bei geöffnetem zweiten Absperrventil 28 über die Entnahmleitung 24 und der Einmündung 27 in die erste Abgasleitung 11 und vermischt sich dort mit dem aus dem Verbrennungsmotor 2 kommenden Abgas zu einem Abgas-Reformat-Gemisch. Das Abgas-Reformat-Gemisch gelangt über die erste Abgasleitung 11 in die Abgasbehandlungseinrichtung 3. In der Abgasbehandlungseinrichtung 3 erfolgt eine Aufwärmung aufgrund der im Abgas-Reformat-Gemisch mitgeführten Wärme und eine Nachoxidation der noch im Abgas-Reformat-Gemisch enthaltenen oxidierbaren Bestandteile. Da das Reformat einen hohen Energieanteil in Form von mitgeführter Wärme und unverbrannte oxidierbare Bestandteile aufweist, findet durch die zusätzliche Einleitung von Reformat in die Abgasbehandlungseinrichtung 3 eine beschleunigte Erwärmung statt. Die hier beschriebene thermische Kopplung zwischen dem Brennstoffzellensystem 4 und Abgasbehandlungseinrichtung 3 erfolgt so lange, bis die Abgasbehandlungseinrichtung 3 auf Betriebstemperatur geführt ist, das heißt, bis die mit einer verminderter Arbeitsleistung verbundene Abgasbehandlungseinrichtung 3 ihre Kaltstartphase noch nicht beendet hat. Bei Erreichen der Betriebstemperatur der Abgasbehandlungseinrichtung 3 werden über die Steuereinheit 29 das erste Absperrventil 25 und das zweite Absperrventil 28 betätigt, und zwar derart, dass das zweite Absperrventil 28 geschlossen wird, so dass keine thermische Kopplung zwischen dem Brennstoffzellensystem 4 und der Abgasbehandlungseinrichtung 3 mehr

vorliegt und dass das erste Absperrventil 25 geöffnet wird, so dass nun heißes Reformat in die Gasreinigungseinrichtung einströmen kann. Selbstverständlich ist es auch möglich, dass das erste Absperrventil 25 bereits vor dem Ende der Kaltstartphase der Abgasbehandlungseinrichtung 3 teilweise oder ganz geöffnet wird, so dass der Abgasbehandlungseinrichtung 3 lediglich Teilströme des Reformats zufließen können. Entsprechende andere Abstufungen des Öffnungsgrades des ersten Absperrventils 25 beziehungsweise des zweiten Absperrventils 28 sind ebenso möglich.

Figur 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des Kraftfahrzeugaggregats 1. Einrichtungen und Teile, die bereits anhand der vorangegangenen Figur 1 beschrieben wurden, sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, so dass insofern auf deren Beschreibung verwiesen wird. Im Folgenden wird lediglich auf die Unterschiede näher eingegangen. Das Brennstoffzellensystem 4 ist mit dem Luftansaugbereich 5, hier insbesondere mit der Luftleitung 6 des Luftansaugbereichs 5 thermisch gekoppelt. Dazu ist in der Luftleitung 6 eine Einmündung 27' vorgesehen, die mit der Entnahmleitung 24 des Wärmeabfuhrsysteins 26 verbunden ist, so dass Wärme über das Heißgas des Reformers 14 des Brennstoffzellensystems 4 dem Luftansaugbereich 5 des Verbrennungsmotors 2 zugeführt werden kann. Die Ein- und Ausschaltung der thermischen Kopplung und die Reformatversorgung der Brennstoffzelle 16 erfolgt bei diesem Ausführungsbeispiel analog zu dem in Figur 1 beschriebenen Ausführungsbeispiel mittels der Steuereinheit 29 und des ersten Absperrventils 25 sowie des zweiten Absperrventils 28. Die Steuereinheit 29 und die Sensorsignalleitungen 30, 31, 32 sowie die Steuerleitungen 33 und 34 sind der Einfachheit halber in Figur 2 nicht dargestellt. Mittels der thermischen Kopplung des Brennstoffzellensystems 4 mit dem Luftansaugbereich 5 des Verbrennungsmotors 2 ist es möglich, den verbrennungsmotorischen Kaltlauf, der üblicherweise während der Kaltstartphase stattfindet, durch Zuführung von Heißgas zu verkürzen. Da der Reformer 14 die Fähigkeit besitzt, sehr schnell sehr heißes Gas bereitzustellen, kann mit Vorteil zu einem sehr frühen Zeitpunkt das Heißgas direkt der Ansaugluft zugemischt werden. Mittels der Erwärmung der Ansaugluft 8 wird während der Kaltlaufphase eine Wandfilmbildung des Kraftstoffs an den noch kalten Gehäusewandungen des Verbrennungsmotors 2 vermieden. Die thermische Kopplung des Brennstoffzellensystems 4 mit dem Luftansaugbereich 5 bewirkt somit zum einen eine Minderung der Kaltstartemissionen aufgrund der verhinderten Wandfilmbildung des Kraftstoffs, zum anderen findet eine Minderung der Kaltstartemission aufgrund der verkürzten verbrennungsmotorischen Kaltlaufphase statt. Die thermische Einkopplung kann auch im Ansaugtrakt 7 oder an einer anderen Stelle des Luftansaugbereichs 5 erfolgen. Ebenso ist es möglich, dass eine Erwärmung der



Verbrennungsluft 8 beziehungsweise des Luftansaugbereichs 5 mittels mindestens eines Wärmetauschers vorgenommen wird. Wichtig ist, dass eine Erwärmung des Luftansaugbereichs 5 und der darin geführten Verbrennungsluft erfolgt, wobei mittels dieser Erwärmung auch der Kraftstoff und die kraftstoffgeführten Teile vor Eintritt in den Brennraum 9 erwärmt werden.

Alternativ zur thermischen Kopplung gemäß dem Ausführungsbeispiel in Figur 2 ist auch eine thermische Kopplung zwischen dem Brennstoffzellensystem 4 und dem Ansaugtrakt 7 beziehungsweise dem Luftansaugbereich 5 gemäß dem Ausführungsbeispiel in Figur 3 möglich. Bei dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel weist der Verbrennungsmotor 2 eine Abgasrückführung 35 auf, die als innere Abgasrückführung des Verbrennungsmotors 2 ausgebildet ist, was schematisch durch den Pfeil 35 dargestellt ist. Einrichtungen und Teile, die bereits anhand der vorangegangenen Figuren beschrieben wurden, sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, so dass insofern auf deren Beschreibung verwiesen wird. Das gilt ebenso für die in Figur 3 nicht dargestellte Steuer-Einheit 29 sowie die nicht dargestellten Sensorsignalleitungen 30, 31, 32 und die Steuerleitungen 33, 34. Gemäß dem Ausführungsbeispiel in Figur 3 ist eine Einmündung 27" an der Abgasrückföhreinrichtung 35 vorgesehen. Die Einmündung 27" ist über die Entnahmelleitung 24 mit dem Reformer 14 des Brennstoffzellensystems 4 verbunden. Das Abgas wird, insbesondere während der Kaltstartphase des Verbrennungsmotors 2, durch die thermische Kopplung mit dem Brennstoffzellensystem 4 zusätzlich erwärmt und über die Abgasrückföhreinrichtung 35 in den Ansaugtrakt 7 des Verbrennungsmotors 2 rückgeführt. Die Zuführung in den Ansaugtrakt 7 des Verbrennungsmotors hat die Wirkung, dass eine Bildung von Schadstoffemissionen insbesondere während der Kaltstartphase des Verbrennungsmotors vermindert wird. Ferner wird eine Wandfilmbildung des Kraftstoffs im Bereich des Ansaugtraktes während der Kaltlaufphase des Verbrennungsmotors vermindert.

Figur 4 zeigt in schematischer Darstellung das Brennstoffzellensystem 4, dessen Wärmeabfuhrsystem 26 als Kühlkreislauf 36 ausgebildet ist. Das Wärmeabfuhrsystem 26 weist ferner einen ersten Wärmetauscher 37 auf. Dem Wärmeabfuhrsystem 26 sind der Reformer 14, die Gasreinigungseinrichtung 15 und die Brennstoffzelle 16 zugeordnet, wobei die drei genannten Einrichtungen analog der Ausführungsformen des Brennstoffzellensystems 4 in den Figuren 1 bis 3 angeordnet sind. Der erste Wärmetauscher 37 ist mit einem zweiten Wärmetauscher 38 verbunden, wobei der zweite Wärmetauscher 38 im Motorkühlkreislauf 39 des Verbrennungsmotors 2 angeordnet ist. Wärme des Brenn-

stoffzellensystems 4 wird über den ersten Wärmetauscher 37 des Wärmeabführsystems 26 abgeführt beziehungsweise an ein im Wärmetauscher 37 geführtes Medium (Wasser oder Gas) abgeführt und dem zweiten Wärmetauscher 38 zugeführt, wo es zu einer Wärmeabgabe vom Medium auf das Kühlmittel des Motorkühlkreislaufs 39 kommt.

Figur 5 zeigt in schematischer Darstellung eine Anordnung des Brennstoffzellensystems 4 und des Verbrennungsmotors 2, bei der Kühlkreislauf 36 des Wärmeabführsystems 26 und der Motorkühlkreislauf 39 des Verbrennungsmotors 2 als ein gemeinsamer Kühlkreislauf 40 ausgebildet sind. Die thermische Kopplung zwischen dem Brennstoffzellensystem 4 und dem Verbrennungsmotor 2 findet bei diesem Ausführungsbeispiel in der Art und Weise statt, dass die Wärmeübertragung mittels ein und desgleichen Wärmemediums erfolgt. Verluste durch zusätzliche Wärmetauscher werden dadurch vermieden.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die vorstehend beschriebenen Möglichkeiten einer thermischen Kopplung zwischen einem Brennstoffzellensystem und einem Verbrennungsmotor und/oder einer Abgasbehandlungseinrichtung, insbesondere während der Kaltstartphase beziehungsweise während des Kaltlaufes des Verbrennungsmotors und der Abgasbehandlungseinrichtung vorteilhaft ist. Mittels der thermischen Kopplung kann die Abgasbehandlungseinrichtung schnell auf Betriebstemperatur gebracht werden. Ferner kann mittels der thermischen Kopplung die Kaltlaufphase des Verbrennungsmotors verkürzt werden und es können, insbesondere bei Verbrennungsmotoren mit Saugrohreinspritzung Wandfilmbildungen des Kraftstoffs in der Kaltlaufphase vermieden werden. Alle diese Maßnahmen führen letztendlich dazu, dass während der Kaltstartphase des Kraftfahrzeugaggregats die Bildung von Schadstoffemissionen verringert ist.

Patentansprüche

1. Kraftfahrzeugaggregat mit einem Verbrennungsmotor, einer diesem zugeordneten Abgasbehandlungseinrichtung und mit einem Brennstoffzellensystem, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Brennstoffzellensystem (4) mit dem Verbrennungsmotor (2) und/oder der Abgasbehandlungseinrichtung (3) thermisch gekoppelt ist.
2. Kraftfahrzeugaggregat nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Brennstoffzellensystem (4) mit dem Ansaugbereich des Verbrennungsmotors (2), insbesondere Luftansaugbereich (5), und/oder dem Motorkühlkreislauf (39) des Verbrennungsmotors thermisch gekoppelt ist.
3. Kraftfahrzeugaggregat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Brennstoffzellensystem (4) mit einer Abgasrückführeinrichtung (35) des Verbrennungsmotors (2) thermisch gekoppelt ist.
4. Kraftfahrzeugaggregat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abgasrückführeinrichtung (35) eine innere Abgasrückführeinrichtung des Verbrennungsmotors (2) ist.
5. Kraftfahrzeugaggregat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die thermische Kopplung ein- und ausschaltbar ausgebildet ist.
6. Kraftfahrzeugaggregat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die thermische Kopplung nur während der Kaltstartphase des Verbrennungsmotors (2) oder der Kaltstartphase der Abgasbehandlungsvorrichtung (3) vorliegt.
7. Kraftfahrzeugaggregat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die thermische Kopplung über mindestens ein Medium erfolgt.

8. Kraftfahrzeugaggregat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Medium mindestens ein Gas, mindestens eine Flüssigkeit und/oder mindestens ein Festkörper ist.
9. Kraftfahrzeugaggregat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die thermische Kopplung mittels mindestens eines Wärmetauschers (37;38) erfolgt.
10. Kraftfahrzeugaggregat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Brennstoffzellensystem (4) ein Wärmeabfuhrsystem (26) aufweist und dass die thermische Kopplung mit dem Wärmeabfuhrsystem (26), vorzugsweise über mindestens einen Abzweig (23), verbunden ist.
11. Kraftfahrzeugaggregat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wärmeabfuhrsystem (26) des Brennstoffzellensystems (4) ein Heißmedium führt, dass das Heißmedium mit dem Luftsaugbereich (5), der Abgasrückführreinrichtung (35), dem Motorkühlkreislauf (39) des Verbrennungsmotors (2) und/oder der Abgasbehandlungseinrichtung (3) gekoppelt ist oder mindestens einer der vorstehend genannten Einrichtungen zugeführt wird.
12. Kraftfahrzeugaggregat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wärmeabfuhrsystem (26) als Kühlkreislauf (36) ausgebildet ist und dass der Kühlkreislauf (36) und der Motorkühlkreislauf (39) einen gemeinsamen Kühlkreislauf (40) bilden.
13. Kraftfahrzeugaggregat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Wärmeabfuhrsystem (26) mindestens ein Reformer (14), mindestens eine Gasreinigungseinrichtung (15) und/oder mindestens eine Brennstoffzelle (16) zugeordnet sind.
14. Kraftfahrzeugaggregat nach einem der vorhergehenden Ansprüche **gekennzeichnet durch** eine, die Kaltstartphase erfassende, bei Vorliegen der Kaltstartphase die thermische Kopplung einschaltende Steuereinheit (29).

15. Kraftfahrzeugaggregat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Nicht-Vorliegen der Kaltstartphase die thermische Kopplung mittels der Steuereinheit (29) ausgeschaltet ist.

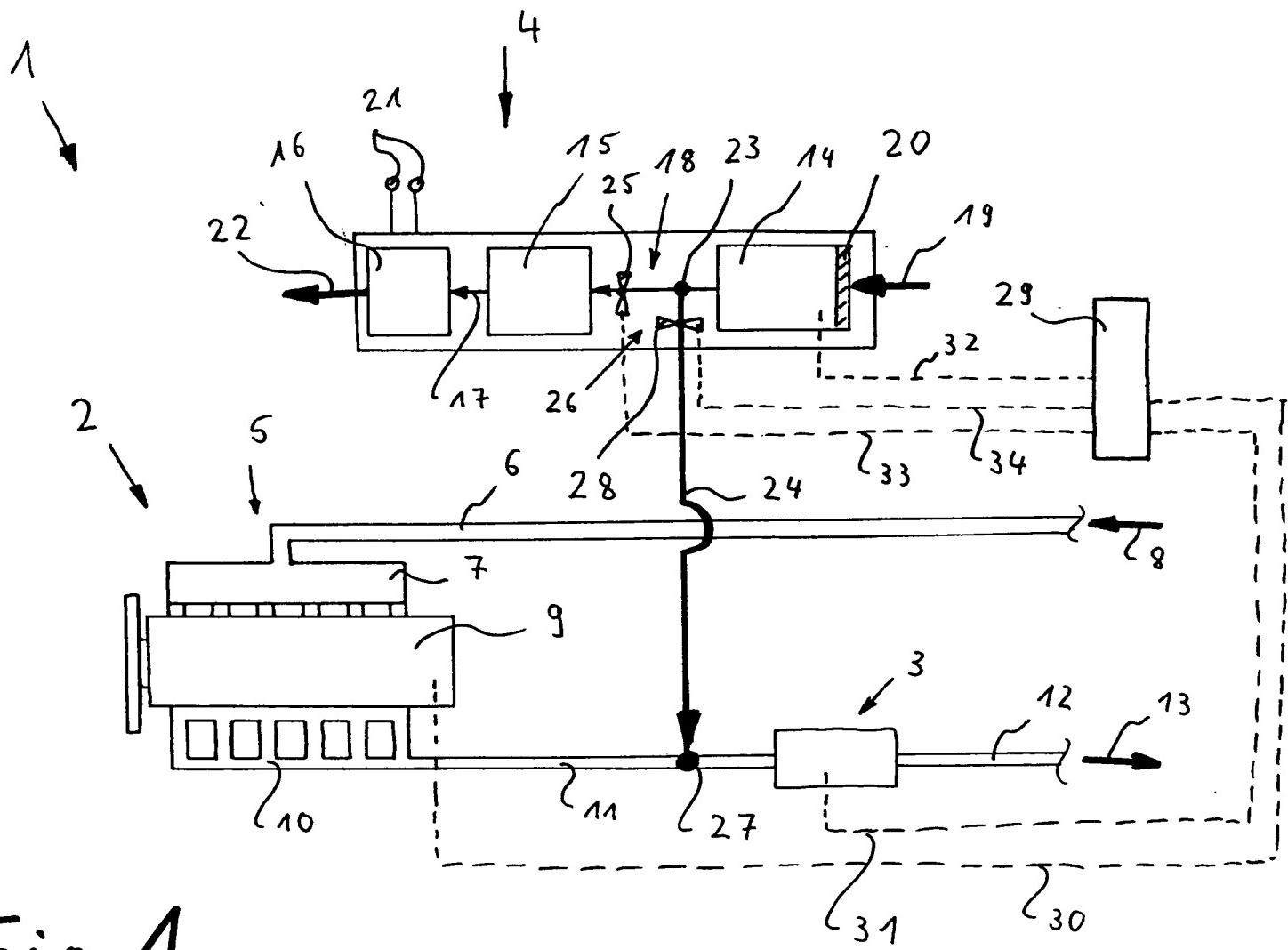


Fig. 1

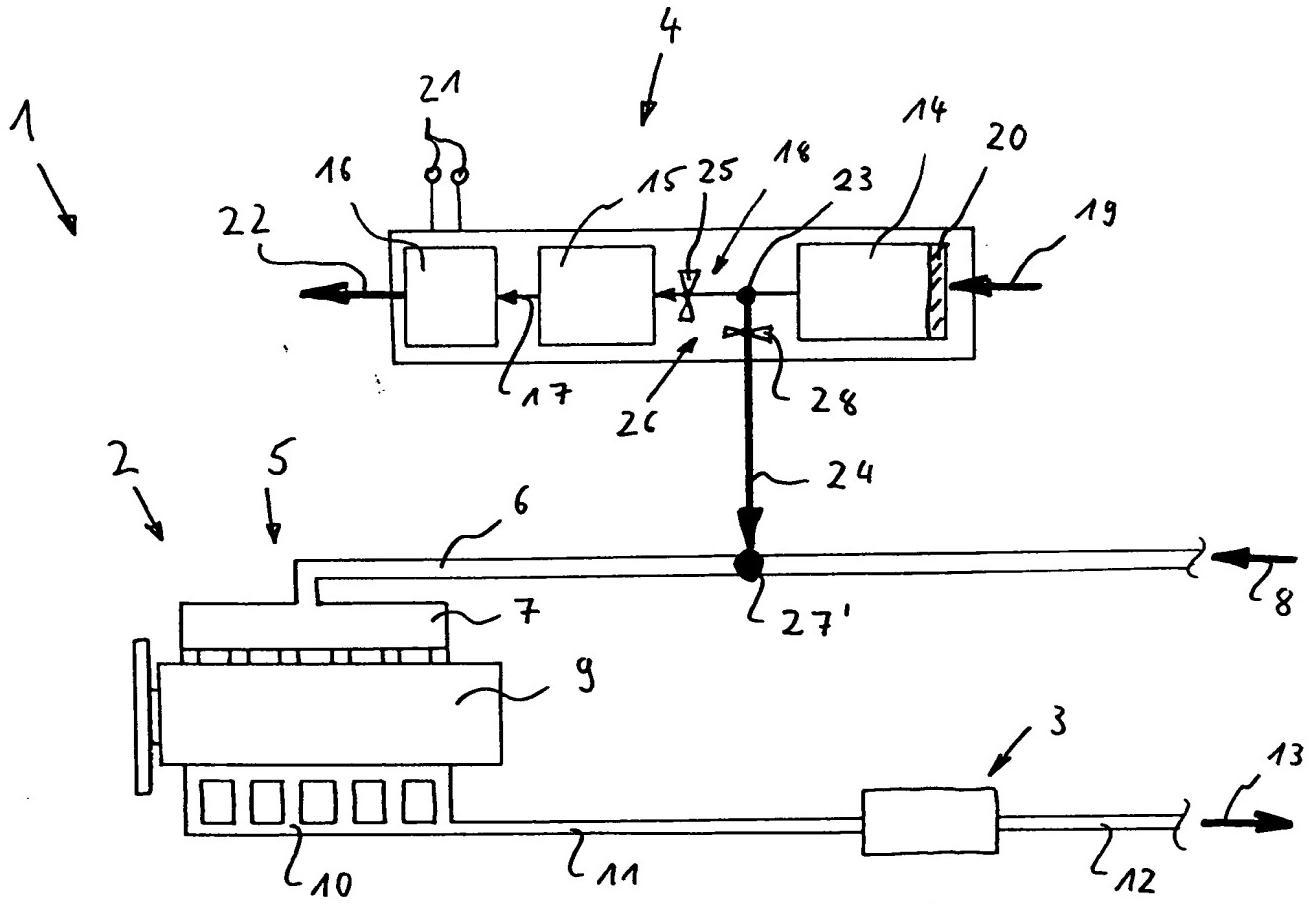


Fig. 2



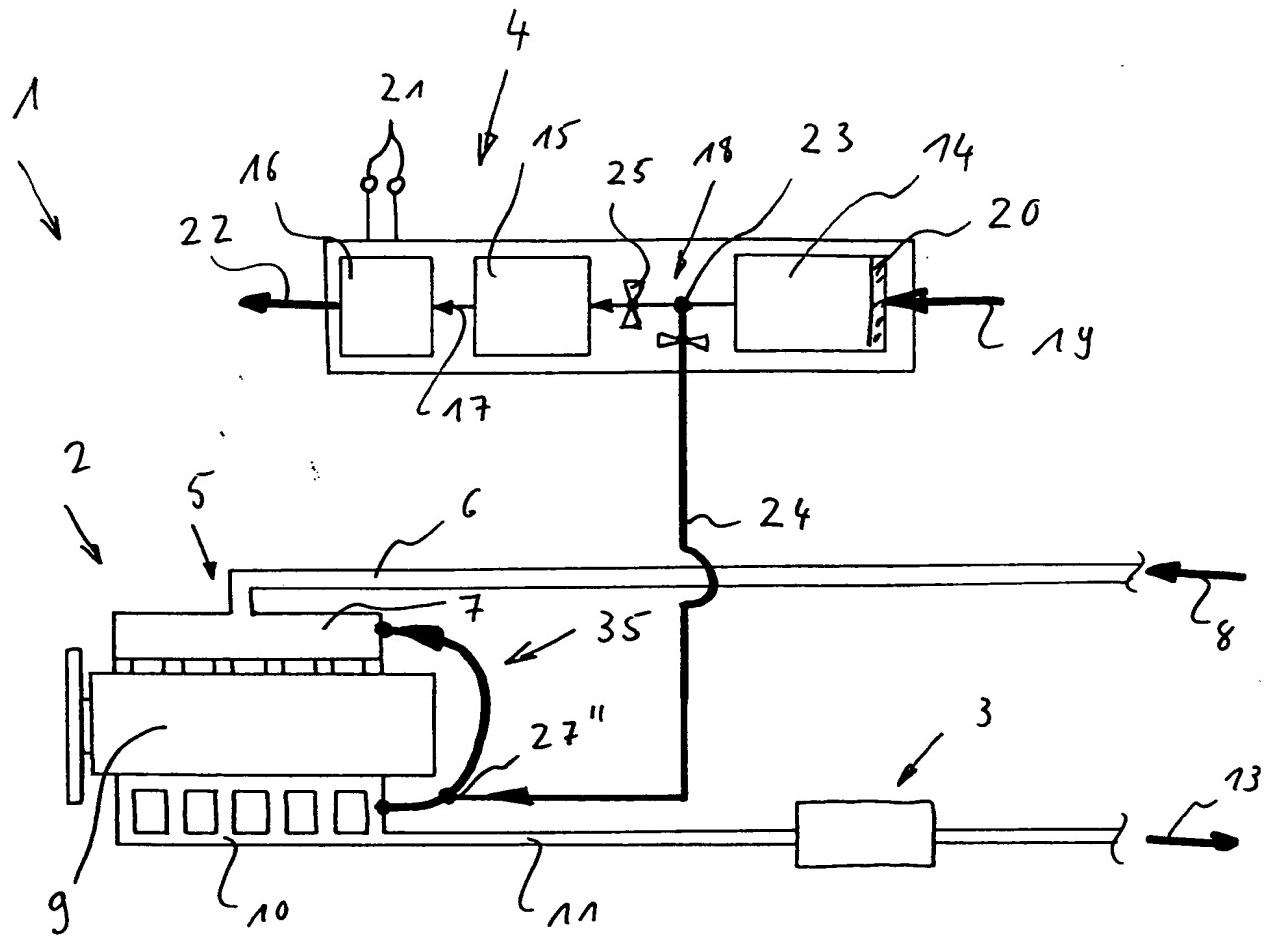


Fig. 3

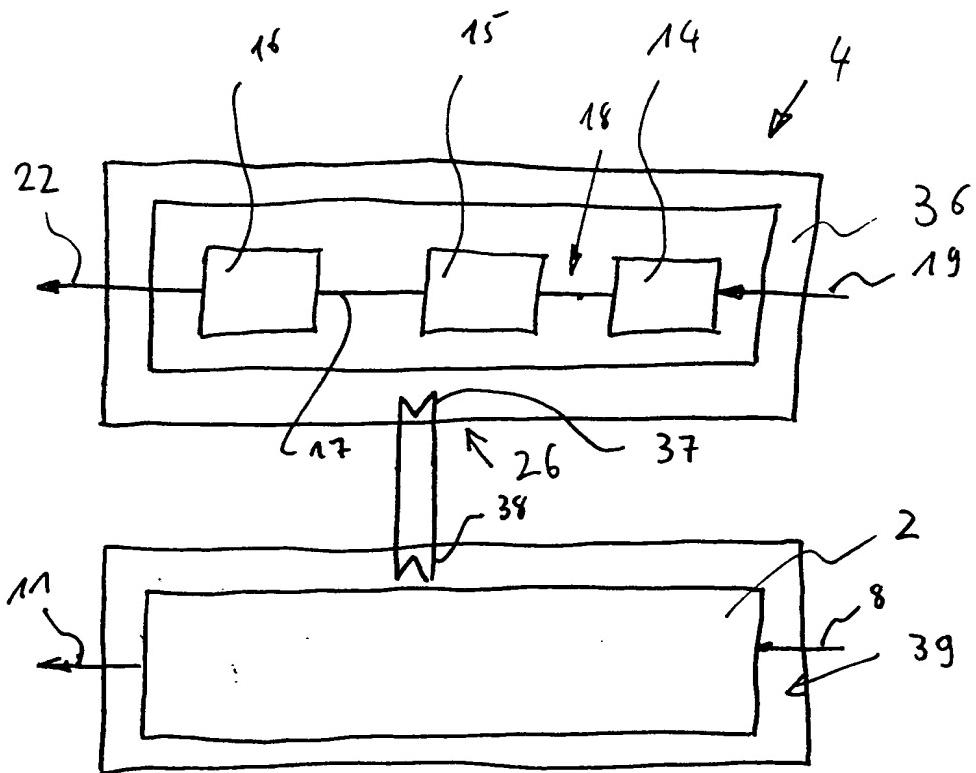


Fig. 4

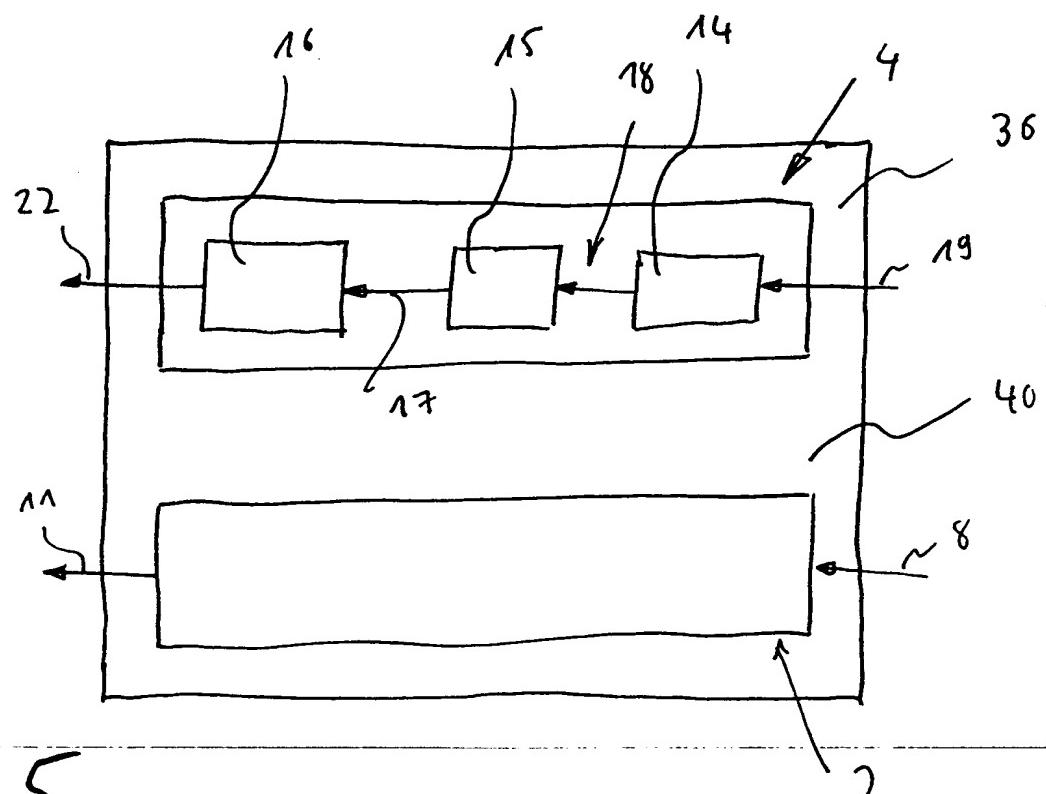
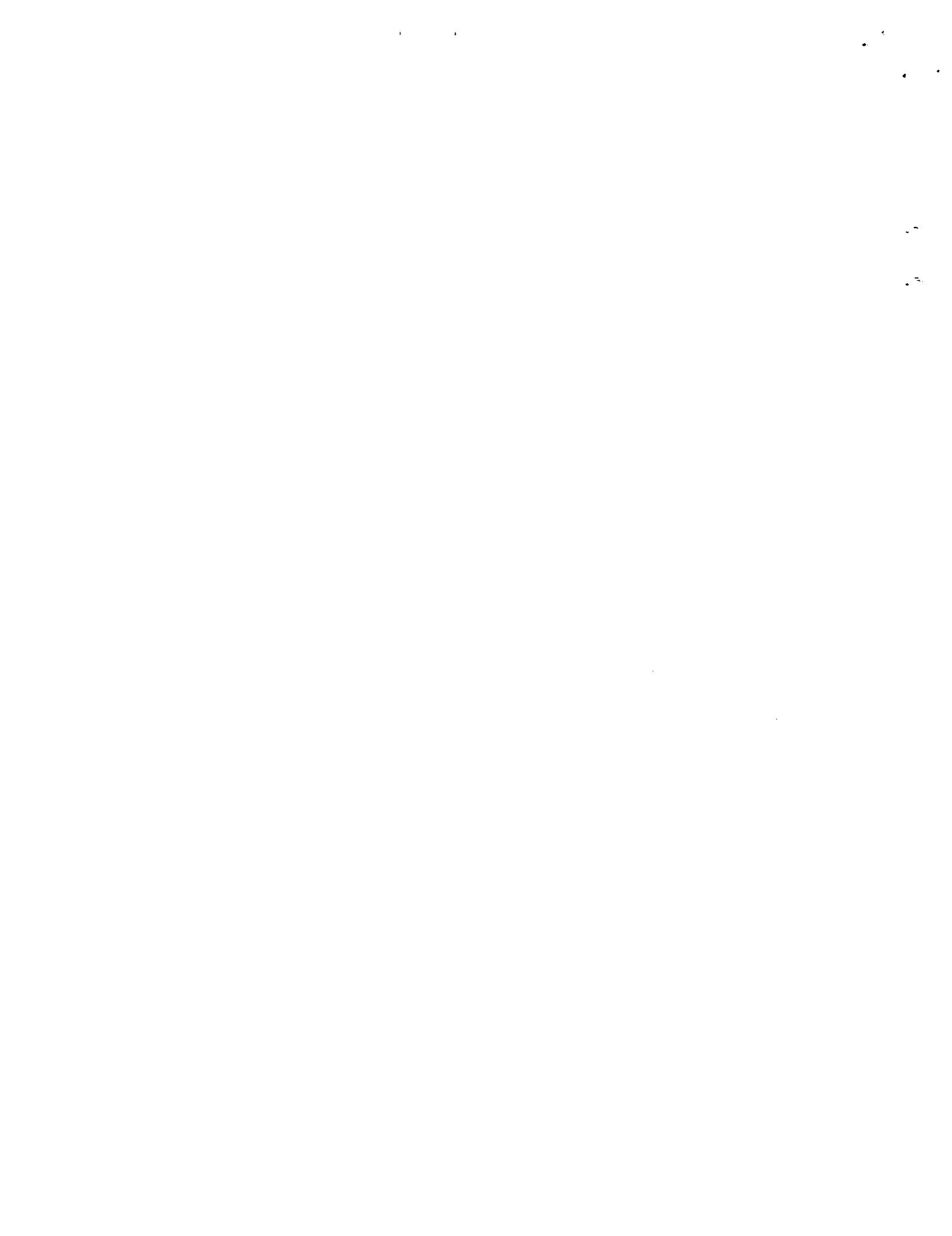


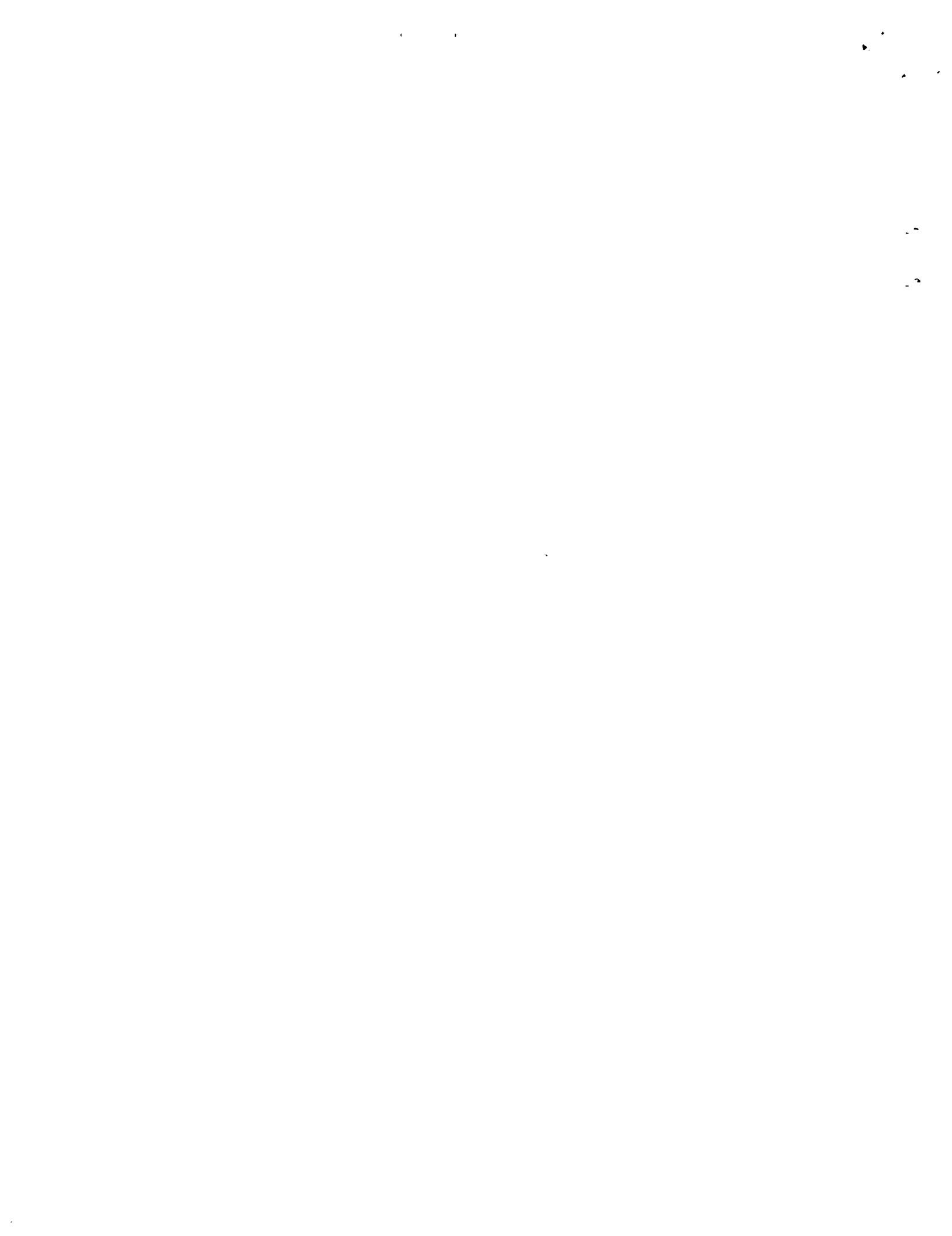
Fig. 5



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeugaggregat (1) mit einem Verbrennungsmotor (2), einer diesem zugeordneten Abgasbehandlungseinrichtung (3) und mit einem Brennstoffzellensystem (4). Es ist vorgesehen, dass das Brennstoffzellensystem (4) mit dem Verbrennungsmotor (2) und/oder der Abgasbehandlungseinrichtung (3) thermisch gekoppelt ist.

(Figur 1)



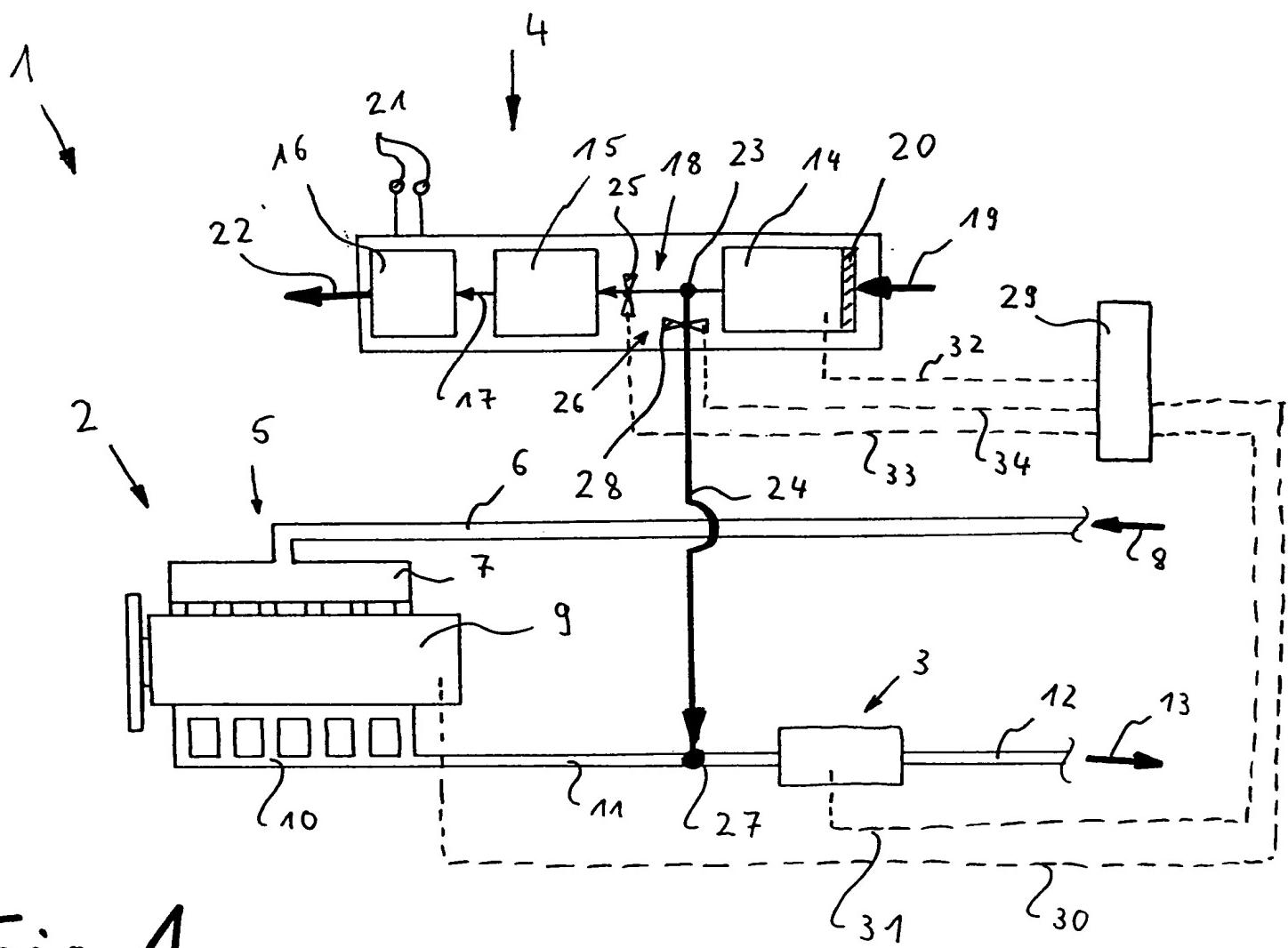


Fig. 1

